

PEMANFAATAN CANGKANG KELAPA SAWIT SEBAGAI ARANG AKTIF

Elly Kurniati
Teknik Kimia FTI – UPN "Veteran" Jawa Timur

ABSTRAKSI

Cangkang kelapa sawit merupakan limbah yang dihasilkan dari pengolahan industri minyak kelapa sawit, yang pemanfaatannya belum maksimal. Pengolahan cangkang kelapa sawit sebagai arang aktif adalah salah satu cara mudah untuk menambah nilai ekonomis.

Pemanfaatan arang aktif dalam bidang industri sangat banyak, diantaranya sebagai desulfurisasi pada pemurnian gas dan pengolahan LNG, bahan pembantu proses penyaringan dan lain-lain.

Kualitas arang aktif tergantung pada proses karbonisasi dan proses aktivasi. Dalam penelitian ini aktifator yang dipakai adalah H_3PO_4 dengan konsentrasi 1, 3, 5, 7 dan 9%, dan waktu perendaman 16, 18, 20, 22, dan 24 jam.

Penelitian dapat disimpulkan bahwa hasil terbaik yaitu pada suhu karbonisasi $400^{\circ}C$ selama 0,5 jam, waktu perendaman 22 jam dan konsentrasi aktifator 9%, menghasilkan arang aktif dengan kondisi: Kadar air ; 7,36 %, Kadar abu ; 2,77 %, Volatile Matter ; 8,21 %, Daya serap Iodine; 19,80 %

Kata kunci : Cangkang kelapa sawit, arang aktif

ABSTRACT

Eggshell oil palm is constitutes resulting waste of palm oil industry processing, one that its exploit was maximal. Eggshell processing oil palm as charcoal active is one of easy way to add economic point.

Charcoal active exploit deep prodigious industrial area, amongst those as desulfurization on purifying LNG'S gas and processing, assistant material processes winnow etc.

Active charcoal quality clings to carbonation process and activation process. In this research activator which is used is H_3PO_4 with concentration 1, 3, 5, 7 and 9%, and soaking time 16, 18, 20, 22, and 24 hours.

Research can be concluded that best result which is on carbonation temperature $400^{\circ}C$ up to 0,5 hours, soaking time 22 activator hour and concentration 9%, resulting active charcoal with condition of: Water rate; 7,36 %, Ash rate; 2,77 %, Volatile Matter; 8,21 %, Iodine's absorbing power; 19,80 %

Keyword : Eggshell oil palm, charcoal active

PENDAHULUAN

Produksi arang aktif di Indonesia pada tahun 1993 baru mencapai 20.000 ton dengan konsumsi terbesar didalam negeri oleh industri minyak nabati, monosodium glutamate, industri gula, ethanol dan pengolahan air limbah. Untuk arang aktif dengan kualifikasi tertentu Indonesia masih mengimpornya dari beberapa Negara sebanyak 2.000 ton/tahun. (R.Sudrajat dan Salim S, 1994)

Pada industri minyak sawit di PTPN XIII Kabupaten Pasir, setiap harinya

dihasilkan limbah berupa tandan kosong kelapa sawit dan cangkang yang pemanfaatannya sangat kecil. Setiap harinya dihasilkan tandan kosong sejumlah 22% per ton (158,4 ton) dan cangkang sebanyak 7% per ton (50,4 ton) setiap harinya (anonym, 2000).

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh konsentrasi aktivator dan waktu perendaman terhadap mutu arang aktif yang dihasilkan.

1. Limbah Kelapa Sawit

Limbah perkebunan kelapa sawit adalah limbah yang dihasilkan dari sisa

tanaman yang tertinggal pada saat pembukaan areal perkebunan, peremajaan dan panen kelapa sawit. Limbah ini digolongkan dalam tiga jenis yaitu limbah padat, limbah cair dan limbah gas.

a. Limbah Padat

Salah satu jenis limbah padat industri kelapa sawit adalah tandan kosong kelapa sawit dan cangkang kelapa sawit. Limbah padat mempunyai ciri khas pada komposisinya.

b. Limbah Cair

Limbah ini berasal dari kondensat, stasiun klarifikasi dan dari hidrosilikon. Lumpur (sludge) disebut juga lumpur primer yang berasal dari proses klarifikasi merupakan salah satu limbah cair yang dihasilkan dalam proses pengolahan minyak kelapa sawit, sedangkan lumpur yang telah mengalami proses sedimentasi disebut lumpur sekunder. Kandungan bahan organik lumpur juga tinggi yaitu pH berkisar 3-5.

c. Limbah Gas

Selain limbah padat dan cair, industri pengolahan kelapa sawit juga menghasilkan limbah bahan gas. Limbah bahan gas ini antara lain gas cerobong dan uap air buangan pabrik kelapa sawit.

Pemanfaatan Limbah Kelapa Sawit

Cangkang kelapa sawit merupakan salah satu limbah pengolahan minyak kelapa sawit yang cukup besar, yaitu mencapai 60% dari produksi minyak. Tempurung kelapa sawit dapat dimanfaatkan sebagai arang aktif. Arang aktif dapat dibuat dengan melalui proses karbonisasi pada suhu 550°C selama kurang lebih tiga jam. Karakteristik arang aktif yang dihasilkan melalui proses tersebut memenuhi SII, kecuali kadar abu. Tingkat keaktifan arang cukup tinggi. Hal ini terlihat dari daya serap iodnya sebesar 28,9% . (Andriati Amir, 2003)

2. Arang Aktif

Arang aktif adalah karbon tak berbentuk yang diolah secara khusus untuk menghasilkan luas permukaan yang sangat besar, berkisar antara 300-2000 m²/gr. Luas permukaan yang besar dari struktur dalam pori-pori karbon aktif dapat dikembangkan, struktur ini memberikan kemampuan karbon

aktif menyerap (adsorb) gas-gas dan uap-uap dari gas dan dapat mengurangi zat-zat dari liquids. (Kirk othmer, 1992)

Bahan-bahan yang digunakan selama proses pembuatan arang aktif dibuat konstan yaitu:

1. Bahan dalam hal ini kayu glugu sebagai bahan baku sebanyak 150 gram.
2. Aktivator yang digunakan H₃PO₄ sebanyak 800 ml dengan kadar 3%.

Variabel percobaan proses karbonisasi adalah :

1. Suhu akhir proses karbonisasi dengan variasi suhu : 400°C, 450°C, 500°C, 550°C dan 600°C.
2. Lama proses karbonisasi dengan variasi waktu : 1 jam, 1,5 jam dan 2 jam. (Cornelius T. dan J.B. Widiadi, 2001)

Menurut Standart Industri Indonesia (SII No. 0258-79) yang dikeluarkan departemen perindustrian, persyaratan arang aktif adalah sebagai berikut :

- Bagian yang hilang pada suhu 950°C..... maksimum 15%
- Air..... maksimum 10%
- Abu..... maksimum 2,5%
- Bagian yg tidak diperarang.....tidak ada
- Daya serap terhadap larutan I₂ minimum 20%

Berdasarkan ukuran pori-porinya karbon aktif dikelompokkan menjadi dua jenis yaitu:

1. Mikropori, dengan ukuran pori-pori 10-1000 Angstrom.
2. Makropori, dengan ukuran pori-pori lebih besar dari 1000 Angstrom.

(Paul NC and Fred, 1980)

2.1. Jenis-jenis Arang Aktif

Dua jenis perbedaan yang dipertimbangkan dalam pembuatan dan penggunaan karbon aktif :

1. Fase liquid
Karbon-karbon aktif umumnya ringan dan halus berbentuk seperti serbuk. (Kirk-othmer, 1992)
2. Fase atau Penyerap uap
Karbon-karbon aktifnya keras, berbentuk butiran atau pil. (Kirk-othmer, 1992)

2.2. Kegunaan Arang Aktif

Beberapa kegunaan arang aktif :

a. Untuk Gas

1. Pemurnian gas
Desulfurisasi, menghilangkan gas racun, bau busuk, asap, menyerap racun.
2. Pengolahan LNG
Desulfurisasi dan penyaringan berbagai bahan mentah dan reaksi gas.
3. Katalisator
Reaksi katalisator atau pengangkut vinil klorida dan vinil acetate.
4. Lain-lain
Menghilangkan bau dalam kamar pendingin dan mobil.

b. Untuk Zat Cair

1. Industri obat dan makanan
Menyaring dan menghilangkan warna, bau dan rasa yang tidak enak pada makanan.
2. Minuman ringan dan minuman keras
Menghilangkan warna dan bau pada arak/minuman keras dan minuman ringan.
3. Kimia Perminyakan
Penyulingan bahan mentah, zat perantara.
4. Pembersih air
Menyaring atau menghilangkan bau, warna dan zat pencemar dalam air sebagai pelindung atau penukar resin dalam penyulingan air.
5. Pembersih air buangan
Mengatur dan membersihkan air buangan dan pencemaran.
6. Penambakan udang dan benur
Pemurnian, menghilangkan bau dan warna.
7. Pelarut yang digunakan kembali
Penarikan kembali berbagai pelarut, sisa methanol, etil acetate dan lain-lain. (LIPI, 1999)

3. Proses Karbonisasi

Karbonisasi adalah proses pemecahan/peruraian selulosa menjadi karbon pada suhu berkisar 275°C. (Tutik M dan Faizah H, 2001).

Proses karbonisasi terdiri dari empat tahap yaitu :

1. Pada suhu 100 – 120°C terjadi penguapan air dan sampai suhu 270°C mulai terjadi peruraian selulosa. Distilat mengandung asam organik dan sedikit methanol. Asam cuka terbentuk pada suhu 200-270°C.
2. Pada suhu 270-310°C reaksi eksotermik berlangsung dimana terjadi peruraian selulosa secara intensif menjadi larutan piroligant, gas kayu dan sedikit tar. Asam merupakan asam organik dengan titik didih rendah seperti asam cuka dan methanol sedang gas kayu terdiri dari CO dan CO₂.
3. Pada suhu 310-500°C terjadi peruraian lignin, dihasilkan lebih banyak tar sedangkan larutan pirolignat menurun, gas CO₂ menurun sedangkan gas CO dan CH₄ dan H₂ meningkat.
4. Pada suhu 500-1000°C merupakan tahap dari pemurnian arang atau kadar karbon. (R. Sudrajat, 1994)

Proses karbonisasi sudah dikenal dan telah dipakai untuk mengolah beraneka ragam bahan padat maupun cair, antara lain cangkang kelapa sawit, tempurung kelapa, limbah kulit hewan, tempurung kemiri. Alat yang digunakanpun bermacam-macam, mulai dari tanah, kiln bata, kiln portable, kiln arang limbah hasil pertanian, retort sampai tanur. (R. Sudrajat dan Salim S, 1994)

4. Proses Aktivasi

Aktivasi adalah perubahan secara fisik dimana luas permukaan dari karbon meningkat dengan tajam dikarenakan terjadinya penghilangan senyawa tar dan senyawa sisa-sisa pengarangan. (Shreve, 1997)

Daya serap karbon aktif semakin kuat bersamaan dengan meningkatnya konsentrasi dari aktivator yang ditambahkan. Hal ini memberikan pengaruh yang kuat untuk mengikat senyawa-senyawa tar keluar melewati mikro pori-pori dari karbon aktif sehingga permukaan dari karbon aktif tersebut semakin lebar atau luas yang mengakibatkan semakin besar pula daya

serap karbon aktif tersebut. (Tutik M dan Faizah H, 2001)

Metode aktivasi yang dapat digunakan adalah :

1. Aktivasi kimia

Pada cara ini, proses aktivasi dilakukan dengan mempergunakan bahan kimia sebagai activating agent. Aktivasi arang ini dilakukan dengan merendam arang ke dalam larutan kimia, misalnya $ZnCl_2$, HNO_3 , KCl dll. Sehingga bahan kimia akan meresap dan membuka permukaan arang yang semula tertutup oleh deposit tar (Tutik dkk, 2001). Aktivasi dengan suhu tinggi

Pada cara ini karbon atau arang dipanaskan dengan suhu tinggi didalam system tertutup tanp udara sambil dialiri gas inert. Saat ini terjadi reaksi lanjutan pemecahan atau peruraian sisa deposit tar dan senyawa hidrokarbon sisa karbonisasi keluar dari permukaan karbon sebagai akibat gas suhu tinggi dan adanya aliran gas inert, sehingga akan dihasilkan karbon dengan luas permukaan yang cukup luas atau disebut karbon aktif (Tutik dkk, 2001)

Berbeda dengan aktivasi kimia, pada cara ini proses aktivasi berlangsung melalui dua tahap :

- a. Proses karbonisasi
- b. Dilanjutkan dengan proses aktivasi dengan menggunakan steam pada suhu yang tinggi.

Pada cara ini karbon yang diperoleh dari pembakaran dihaluskan menjadi produk dan kemudian dilakukan steam pada suhu yang tinggi berarti pada cara ini bila dibandingkan dengan cara aktivasi kimia memerlukan peralatan yang lebih kompleks.

Proses pembakaran atau karbonisasi dari bahan dasar dilakukan dalam sebuah dapur yang tertutup dan berhubungan dengan udara proses atau dinamakan "Destructive Distillation" atau "Pirolisa Kayu". Dari distilasi tanpa udara ini, akan terbentuk arang primer (charcoal primer). Aktivasi dari charcoal masih sangat rendah, hal ini dapat disebabkan masih banyaknya melekat sisa-sisa tar coke (sisa-sisa senyawa hidrokarbon)

sedangkan senyawa hidrokarbon ini terikat secara kimiawi sehingga sukar untuk dipisahkan secara ekstraksi dengan menggunakan pelarut (Farid E dkk, 1981).

Tahapan pengaktifan atau pengeluaran senyawa yang menutupi rongga dan pori-pori arang dapat dilakukan dengan cara dehidrasi menggunakan garam jenuh seperti $MgCl_2$, $ZnCl_2$, $CaCl_2$ dll dan asam atau basa H_3PO_4 , H_2SO_4 , $NaOH$ dll (R. Sudrajat dkk, 1994).

Pada proses aktivasi yang mempergunakan garam mineral, asam dan basa sebagai activator, dimana activator ini ditambahkan pada bahan dasar sebelum dilakukan proses pembakaran atau karbonisasi. Maka pada saat proses karbonisasi dilakukan activator tersebut akan mengikat karbon yang baru berbentuk dengan gaya adhesi sehingga bila activator tersebut dicuci dengan air maka akan diperoleh karbon yang mempunyai permukaan lebih terbuka sehingga mempunyai gaya adhesi yang lebih besar. (Farid E dkk, 1981)

Proses pengarangan terjadi melalui tahap pemutusan ikatan antara karbon dengan senyawa lain (Hidrogen), dimana karbon tersebut tidak mengalami proses oksidasi. (Joni TL dkk, 1995).

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses karbonasi :

1. Waktu karbonisasi

Bila waktu karbonisasi diperpanjang maka reaksi pirolisis semakin sempurna sehingga hasil arang semakin turun tetapi cairan dan gas makin meningkat. Waktu karbonisasi berbeda-beda tergantung pada jenis-jenis dan jumlah bahan yang diolah. Misalnya : tempurung kelapa memerlukan waktu 3 jam (BPPI Bogor, 1980), sekam padi kira-kira 2 jam (Joni TL dkk, 1995) dan tempurung kemiri 1 jam (Bardi M dan A Mun'im, 1999).

2. Suhu karbonisasi

Suhu karbonisasi yang berpengaruh terhadap hasil arang karena semakin tinggi suhu, arang yang diperoleh makin berkurang tapi hasil cairan dan gas semakin meningkat. Hal ini disebabkan

oleh makin banyaknya zat-zat terurai dan yang teruapkan. Untuk tempurung kemiri suhu karbonisasi 400°C (Bardi M dan A Mun'im, 1999), dan tempurung kelapa suhu karbonisasi 600°C (BPPI Bogor, 1980).

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses aktivasi:

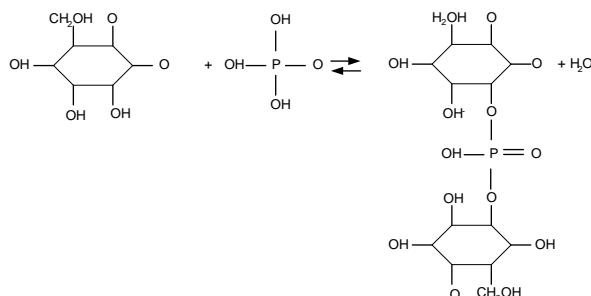
1. Waktu perendaman

Perendaman dengan bahan aktivasi ini dimaksudkan untuk menghilangkan atau membatasi pembentukan lignin, karena adanya lignin dapat membentuk senyawa tar. Waktu perendaman untuk bermacam-macam zat tidak sama. Misalnya sekam padi dengan aktivator NaCl direndam selama 24 jam (Majalah kulit, karet dan plastik, 2003) dan tempurung kelapa dengan aktivator ZnCl₂ direndam selama 20 jam (Tutik M dan Faizah H, 2001). H₃PO₄ lamanya perendaman sekitar 12-24 jam (R. Sudrajat dkk, 1994).

2. Konsentrasi aktivator

Semakin tinggi konsentrasi larutan kimia aktivasi maka semakin kuat pengaruh larutan tersebut mengikat senyawa-senyawa tar sisa karbonisasi untuk keluar melewati mikro pori-pori dari karbon sehingga permukaan karbon semakin porous yang mengakibatkan semakin besar daya adsorpsi karbon aktif tersebut.

Mekanisme aktivasi arang dengan larutan H₃PO₄ bisa dijelaskan dengan gambar reaksi di bawah ini :



Gambar : Mekanisme pengaktifan arang dengan larutan H₃PO₄

Arang atau karbon semakin banyak mempunyai mikropori setelah dilakukan aktivasi, hal ini terjadi karena aktivator telah

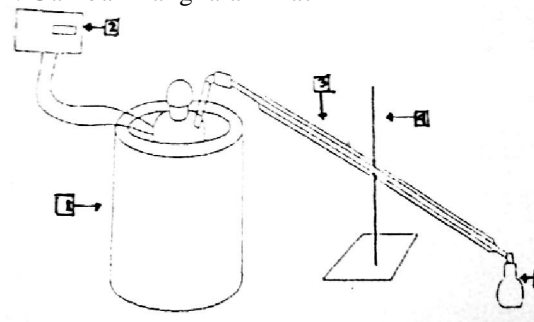
mengikat senyawa-senyawa tar sisa karbonisasi keluar dari mikropori arang, sehingga permukaannya semakin porous.

3. Ukuran bahan

Makin kecil ukuran bahan makin cepat perataan keseluruhan umpan sehingga pirolisis berjalan sempurna. Pada pirolisis tempurung kelapa 2-3 mm (Tutik M. Dan Faizah H., 2001).

METODE PENELITIAN

1. Gambar Rangkaian Alat



Keterangan gambar :

1. Alat pirolisis.
2. Thermo control.
3. Kondensor.
4. Statif.
5. Erlenmeyer.

2. Peubah

Peubah-peubah yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

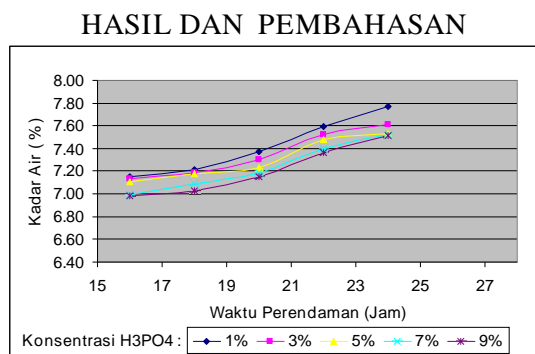
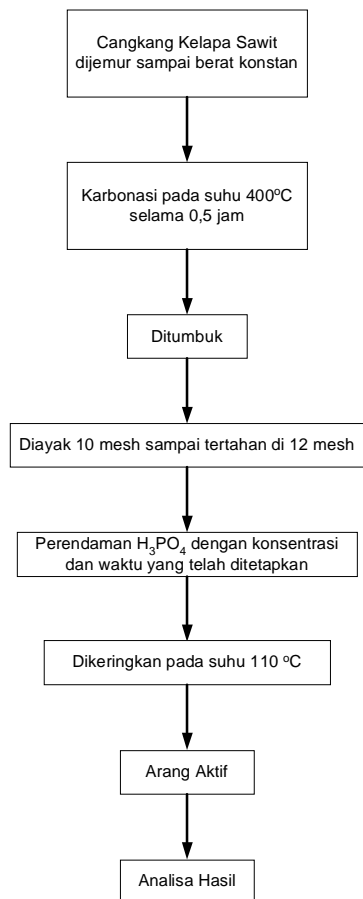
1. Peubah yang ditetapkan :
 - a. Berat bahan kering : 50 gram
 - b. Suhu karbonasi : 400°C
 - c. Waktu karbonisasi : 0,5 jam
 - d. Ukuran partikel : 10 mesh tertahan di 12 mesh
- e. Volume aktivator : 1:15% volum (arang aktif : aktivator)
2. Peubah yang berubah :
 - a. Konsentrasi aktivator (% volum) : 1; 3; 5; 7 dan 9
 - b. Waktu perendaman (jam) : 16; 18; 20; 22 dan 24

3. Metode Penelitian

1. Proses Karbonasi
 - a. Cangkang kelapa sawit dijemur dibawah sinar matahari sampai kering (berat kosong).

- b. Kemudian ditimbang sebanyak 50 gram, lalu dikarbonisasi pada suhu 400°C selama 0,5 jam dalam alat pirolisis dengan sedikit udara.
 - c. Setelah itu arang yang terbentuk digiling dan diayak dengan ukuran 10 mesh dan tertahan di 12 mesh.
2. Proses Aktivasi
- a. Arang yang terbentuk direndam dalam larutan H_3PO_4 dengan konsentrasi 1, 3, 5, 7 dan 9% volum, dengan perbandingan 1:15 dalam beaker glass selama waktu yang ditentukan kemudian disaring.
 - b. Kemudian dikeringkan dalam oven dengan suhu 110°C.
 - c. Arang aktif yang terbentuk kemudian dianalisa.
4. Metode Analisa
1. Analisa bahan, meliputi :
 - a. Kadar air
Ditimbang 1 gram sample dalam cawan yang telah dikeringkan, dimasukkan dalam oven lalu dipanaskan pada suhu 110°C selama 2 jam, kemudian didinginkan dalam eksikator dan ditimbang.
 - b. Kadar abu
Ditimbang 1 gram sample dalam cawan yang telah diketahui beratnya dan diabukan diatas api sampai seluruh sample menjadi abu, cawan didinginkan dalam eksikator dan ditimbang.
 - c. Fixed karbon
Kadar fixed karbon dapat diperoleh dengan rumus :
Fixed karbon = 100 – kadar air – kadar abu – volatile (dalam %)
 2. Analisa hasil, meliputi :
 - a. Uji daya serap terhadap Iod
0,25 gram sample dimasukkan kedalam erlenmeyer, tambahkan 25 ml larutan I_2 kocok selama 15 menit. Kemudian cairan disaring dengan menggunakan kertas saring. Ambil 10 ml filtrat dan dititrasi dengan larutan thiosulfat 0,1 N. Jika warna kuning dari larutan telah samar tambahkan larutan kanji 1% sebagai indikator. Titrasi kembali dengan teratur sampai titik akhir yaitu warna biru telah hilang. Untuk perbandingan digunakan larutan blanko dengan cara yang sama.
 - b. Bagian yang hilang pada pemanasan 950°C
Ditimbang 1 gram sample, lalu masukkan dalam cawan kemudian diatas cawan tersebut ditutupi dengan cawan yang lain yang telah diketahui beratnya. Kemudian dipanaskan sampai suhu 950°C dalam furnice. Setelah suhu tercapai kemudian cawan dan isinya dibiarkan dingin lalu ditimbang.
 - c. Kadar air
Ditimbang 1 gram sample dalam cawan yang telah dikeringkan, dimasukkan dalam oven lalu dipanaskan pada suhu 110°C selama 2 jam, kemudian didinginkan dalam eksikator dan ditimbang.
 - d. Kadar abu
Ditimbang 1 gram sample dalam cawan yang telah diketahui beratnya dan diabukan diatas api sampai seluruh sample menjadi abu, cawan didinginkan dalam eksikator dan ditimbang.

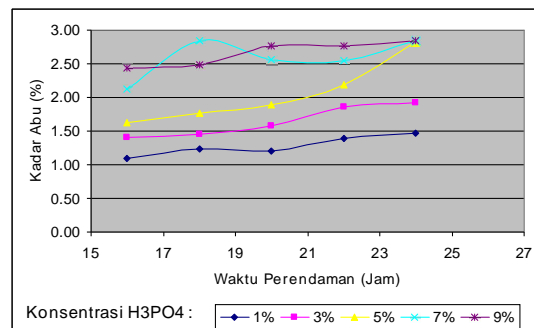
Skema Proses Pembuatan Arang Aktif



Grafik 1. Kadar air pada arang aktif cangkang kelapa sawit

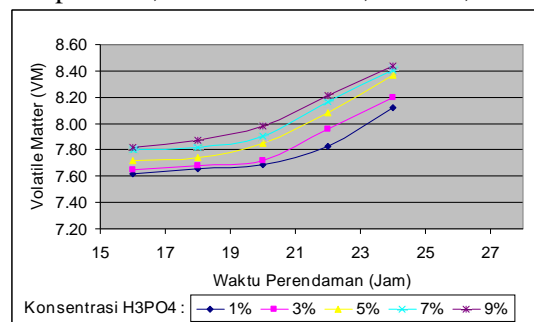
Pada grafik 1. menunjukkan bahwa semakin lama perendaman arang dalam H₃PO₄ maka kadar air semakin tinggi. Namun sebaliknya kadar air akan menurun pada konsentrasi aktifator yang lebih besar. Hal ini dimungkinkan karena karbon tersebut tidak mengandung bahan yang menyerap air.

Syarat mutu karbon aktif untuk kadar air adalah maksimal 15% (SII 0258-88), sedangkan hasil analisa kadar air karbon aktif cangkang kelapa sawit, berkisar antara 7,15% - 7,77%.



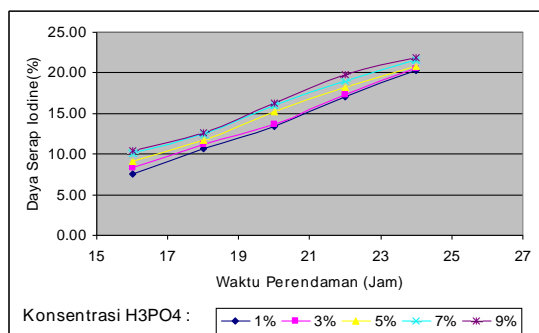
Grafik 2. Kadar abu pada arang aktif cangkang kelapa sawit

Pada grafik 2. menunjukkan bahwa semakin lama perendaman kadar abu semakin meningkat, namun akan turun ketika konsentrasi aktifator meningkat. Syarat mutu karbon aktif untuk kadar abu adalah maksimal 10% (SII 0258 - 88), sedangkan hasil analisa kadar air karbon aktif cangkang kelapa sawit, berkisar antara 1,09% - 2,85%.



Grafik 3. Volatile Matter pada arang aktif cangkang kelapa sawit

Pada grafik 3 menunjukkan bahwa semakin lama perendaman semakin meningkat volatile matternya, begitu juga dengan konsentrasi aktifator. Semakin tinggi aktivator semakin meningkat pula volatile matternya. Syarat mutu karbon aktif untuk volatile matter (bagian yang hilang pada pemanasan 950°C) adalah maksimal 25% (SII 0258-88), sedangkan hasil analisa kadar air karbon aktif cangkang kelapa sawit, berkisar antara 1,09% - 2,85%.



Grafik 4 Daya serap arang aktif cangkang kelapa sawit terhadap I₂

Pada grafik 4. menunjukkan bahwa kemampuan adsorpsi karbon aktif dari hasil aktivasi dengan larutan kimia H₃PO₄ cenderung meningkat sesuai dengan peningkatan konsentrasi larutan kimia aktivasi, hal ini dikarenakan bahwa semakin tinggi konsentrasi larutan kimia aktivasi maka semakin kuat pengaruhnya larutan kimia tersebut mengikat senyawa-senyawa tar sisa karbonisasi untuk keluar melewati mikro pori-pori dari cangkang kelapa sawit. Syarat mutu karbon aktif untuk daya serap terhadap Iodine (I₂) adalah maksimal 20% (SII 0258 – 88), sedangkan hasil analisa kadar air karbon aktif cangkang kelapa sawit, berkisar antara 7,61% - 21,83%.

KESIMPULAN

Hasil Penelitian ini dapat disimpulkan bahwa arang aktif yang terbuat dari cangkang kelapa sawit pada suhu karbonisasi 400°C selama 0,5 jam, hasilnya cukup baik, warnanya hitam mengkilat.

Didapatkan kondisi terbaik yaitu pada waktu perendaman 22 jam dengan konsentrasi aktifator 9%, dengan hasil : Kadar air ; 7,36 %, Kadar abu ; 2,77 %, Volatile Matter ; 8,21 %, Daya serap Iodine ; 19,80 %

DAFTAR PUSTAKA

- Andriati Amir Husin, 2003, "Limbah Untuk Bahan Bangunan".
- Farid Effendi, Soebjono, 1981, "Aktifasi Arang Batok Kelapa".
- Joni Tallo Lembang, dkk, 1995 "Rekayasa Pembuatan Tungku Pembakaran Sekam padi untuk pembuatan Arang Aktif dari Sekam Padi". Balai Penelitian dan Pengembangan Industri, Ujunga Pandang.
- Kirk Othmer, 1992, Encyclopedia Of Chemical Technology 2nd Edition Vol 4, John Willy and Sons.
- Mudjijati dkk, 1997, "Pembuatan karbon Aktif dari Char Gambut", Jurusan Teknik Kimia UWM, Surabaya.
- Paul N. Cheremisinoff and feid Ellerbusch, 1980, "Carbon adsorption Hand Book", Anu Arbon Science, USA.
- Proyek Sistem Informasi IPTEK Nasional, 1999, "Arang Aktif Dari tempurung Kelapa", Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- R. Sudradjat dan Salim S., 1994, "Petunjuk Pembuatan Arang Aktif", Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan.
- Shreve, R, N, 1977, "Chemical Process Industries" McGrowHill Kogasha.
- Tutik M dan Faizah H, 2001, "Aktifasi Arang Tempurung Kelapa Secara Kimia dengan Larutan Kimia ZnCl₂, KCl dan HNO₃, Jurusan Teknik Kimia UPN, Yogyakarta.